Commission géologique
du Canada

Recherches en cours
2001-D5

Étude préliminaire des formations quaternaires comblant les vallées des basses Laurentides, nord-ouest de Montréal, Québec

M. Ross, M. Parent, A.M. Bolduc, J. Hunter, et B. Benjumea

2001

Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada

Canada

©Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2001
N° de catalogue M44-2001/D5F
ISBN 0-660-96479-1

En vente à partir du site Web de la Librairie de la Commission géologique du Canada, à l'adresse http://www.rncan.gc.ca/cgc/bookstore (sans frais : 1-888-252-4301)

Les bibliothèques de dépôt d'un bout à l'autre du pays ont accès à la présente publication par l'intermédiaire du site Web du Programme des services de dépôt (http://dsp-psd.tpsgc.gc.ca).

Prix sujet à changement sans préavis

Les demandes de permission pour reproduire cet article, en tout ou en partie, à des fins d'utilisation commerciale, de revente ou de redistribution doivent être adressées à la Division de l'information du Secteur des sciences de la Terre, pièce 200, 601, rue Booth, Ottawa (Ontario) K1A 0E8.

Addresses des auteurs

M. Ross *(mross@nrcan.gc.ca)*
M. Parent *(mparent@nrcan.gc.ca)*
A.M. Bolduc *(abolduc@nrcan.gc.ca)*
Institut national de la recherche scientifique
2535, boulevard Laurier
C.P. 7500
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7

J. Hunter *(jhunter@nrcan.gc.ca)*
B. Benjumea *(bbenjum@nrcan.gc.ca)*
Division de la science des terrains
Commission géologique du Canada
601 rue Booth
Ottawa, Ontario K1A 0E8

Étude préliminaire des formations quaternaires comblant les vallées des basses Laurentides, nord-ouest de Montréal, Québec

M. Ross, M. Parent, A.M. Bolduc, J. Hunter, et B. Benjumea
CGC Québec, Québec

Ross, M., Parent, M., Bolduc, A.M., Hunter, J. et Benjumea, B., 2001 : Étude préliminaire des formation quaternaires comblant les vallées des basses Laurentides, nord-ouest de Montréal, Québec; Commission géologique du Canada, Recherches en cours 2001-D5, 8 p.

Résumé : Ce rapport fait état de quelques résultats préliminaires provenant des travaux de terrain effectués en 1999 et en 2000 dans le cadre d'une étude visant à définir l'architecture stratigraphique et les caractéristiques des formations quaternaires au nord-ouest de Montréal. La description et l'interprétation de quatre nouveaux forages et d'un profil sismique à haute résolution sont présentées. Ces données seront utilisées dans la conception d'un modèle géologique qui servira à définir l'écoulement des eaux souterraines et à évaluer la vulnérabilité à la contamination des aquifères régionaux. Les résultats ont permis de révéler une topographie tardiglaciaire complexe suggérant la canalisation des eaux de fonte sous-glaciaires. De plus, certaines de ces vallées enfouies contiennent, sous des argiles marines, des sédiments d'épandage subaquatique qui sont probablement d'origine glaciolacustre. Ces derniers constituent d'excellents aquifères granulaires captifs dont doivent tenir compte les modèles d'écoulement régionaux.

Abstract: This report presents some preliminary results from the 1999 and 2000 field work conducted to investigate the stratigraphic architecture and sedimentological characteristics of surficial sediments in an area northwest of Montréal. Four targeted boreholes and a land-based, shallow, high-resolution seismic profile are described and interpreted. These data will be used to produce a geological model for defining the movement of groundwater and evaluating the vulnerability of regional aquifers to contamination. Preliminary results reveal a complex late-glacial topography suggesting the existence of a former channelized subglacial drainage system. Furthermore, some of these valleys contain subaqueous outwash deposits of possible glaciolacustrine origin. These deposits are excellent confined aquifers that must be fully integrated in regional groundwater models.

INTRODUCTION

Ce rapport fait état des résultats préliminaires de la caractérisation des formations quaternaires des basses Laurentides (fig. 1 et 2), plus particulièrement dans les secteurs où l'épaisseur des sédiments meubles est importante (>30 m). Ces travaux sont effectués dans le cadre du transect Montréal du projet des Ponts géologiques de l'Est du Canada et du projet des aquifères fracturés du sud-ouest du Québec (AFSOQ) de la Commission géologique du Canada. L'objectif de ces travaux est de recueillir de l'information sur la topographie du substratum rocheux, l'architecture stratigraphique des formations quaternaires et leurs caractéristiques sédimentologiques et d'intégrer cette information aux données disponibles pour produire un modèle géologique tridimensionnel du secteur à l'étude. De plus, ces travaux permettent de valider une partie de la base de données existante.

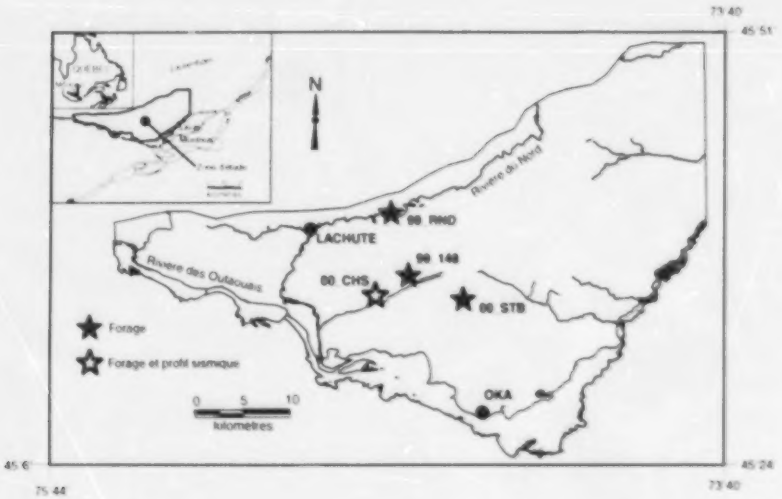

Figure 1.

Localisation de la région à l'étude et des sites mentionnés dans l'article.

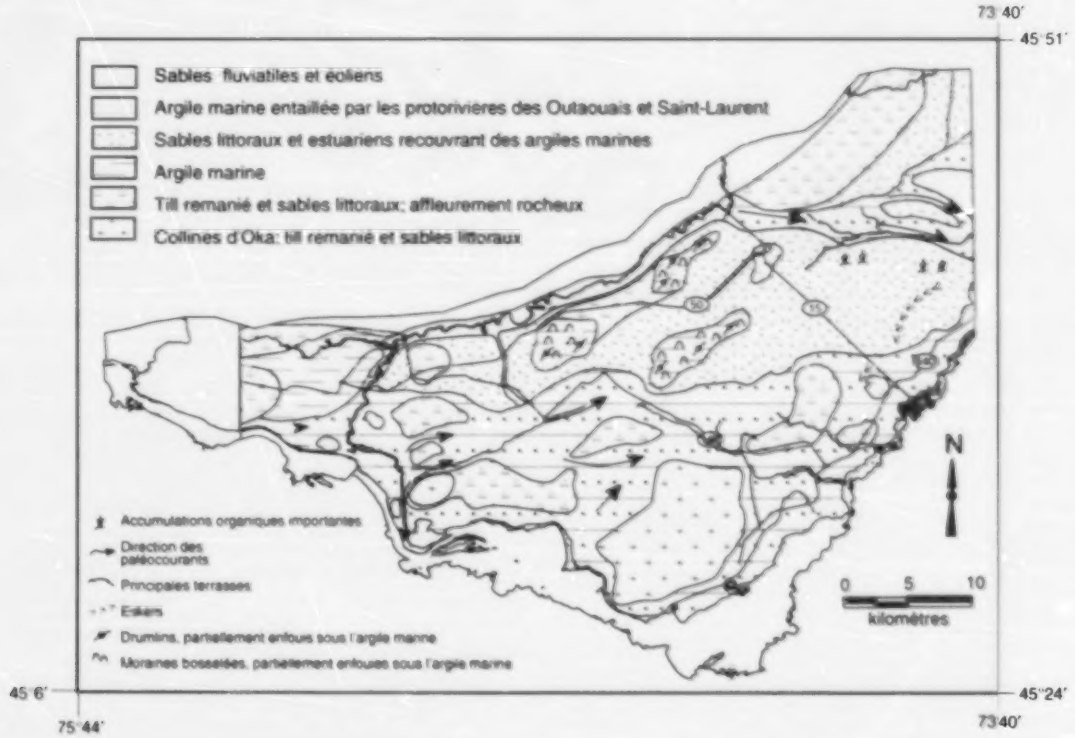

Figure 2. *Carte simplifiée de la géologie des formations superficielles (modifiée de Bolduc et Ross, 2000).*

PROBLÉMATIQUE

Dans la région des basses Laurentides, les formations quaternaires forment une couverture discontinue d'épaisseur très variable (de 0 à 100 m; Fagnan et al., 2001, fig. 5) qui repose en discordance sur le substratum rocheux fracturé. Ce dernier est l'hôte des principaux aquifères régionaux. Par ailleurs, le rôle et l'importance des aquifères granulaires captifs sont méconnus et probablement sous-estimés. Cette situation est due au fait que la répartition des dépôts fluvioglaciaires, glaciolacustres et glaciomarins est difficile à établir dans cette région, en raison de l'importante couverture argileuse (fig. 2). D'ailleurs, les successions quaternaires sont peu exposées, de sorte que la connaissance de l'architecture stratigraphique sous la surface est très schématique. Il n'existe donc pas de modèle géologique permettant de définir le cheminement de l'eau entre la surface et le roc à une échelle régionale ou subrégionale.

UNE APPROCHE INTÉGRÉE

Les modèles géologiques utilisés dans les études régionales sont construits à partir des informations provenant des cartes géologiques, des données de forage et des levés géophysiques (Sharpe et al., 1996; Barnett et al., 1998; Parent et al., 1998; Fagnan et al., 1998; Pugin et al., 1999; Ricketts, 2000; Savard et al., 2000). Toutefois, les forages stratigraphiques détaillés, les profils sismiques et les données de diagraphie sont généralement répartis très inégalement dans une région étudiée. À l'échelle locale ou parfois subrégionale, ces données permettent d'analyser en détail les éléments architecturaux, c'est-à-dire de définir la géométrie des lithosomes et l'hétérogénéité interne des corps sédimentaires (Dawson et Bryant, 1987; Boyce et Eyles, 2000). Cette méthode est cependant difficile à appliquer à une échelle régionale. C'est pourquoi les modèles de faciès (Eyles et Eyles, 1992) sont souvent utilisés pour estimer les grands changements latéraux et la géométrie des lithofaciès dans les secteurs pour lesquels il existe peu d'information détaillée (Fraser et Bluer, 1987; Anderson, 1989; Stephenson et al., 1989). L'accès à une base de données fiable est cependant essentiel à cette échelle afin d'intégrer de façon optimale l'information disponible. Or, le nombre et la qualité des données disponibles varient largement d'une région à une autre. De plus, la structure de ces bases de données est souvent mal adaptée aux besoins, ce qui entraîne des efforts substantiels de normalisation et d'optimisation (Boisvert et Michaud, 1998; Russell et al., 1998; M. Parent, F. Girard, N. Fagnan, Y. Michaud, É. Boisvert et R. Fortier, rapport inédit, 2000). Ces données doivent également être mises à l'essai dans les secteurs-clés, en particulier dans les endroits pour lesquels l'information sur la subsurface est inexistante ou peu abondante ou les données disponibles présentent des incohérences. Une façon pratique de procéder consiste à effectuer de nouveaux levés de manière à ce qu'ils chevauchent en partie les régions pour lesquelles il existe des données archivées. Cela permet d'unifier l'ensemble des données et même de classifier les sources d'information sur le plan de la qualité.

Le but ultime de tous ces travaux est de parvenir à définir un modèle géologique régional tridimensionnel qui représentera les caractéristiques sédimentologiques des formations quaternaires et la forme des principales surfaces ou discontinuités qui les délimitent.

CHOIX DES SITES

Le risque d'erreurs, et donc l'imprécision des données disponibles, est plus grand dans les secteurs où l'épaisseur des dépôts meubles est importante. Nous avons donc porté une attention particulière à ces secteurs. La figure 1 montre la localisation des sites mentionnés dans le présent article. La carte d'isopaques (Fagnan et al., 2001) a été l'un des premiers outils utilisés pour localiser sur le terrain les zones ayant des sédiments meubles de grande épaisseur. Une analyse géomorphologique sommaire a ensuite permis d'y relever quelques indices de surface corroborant les informations obtenues à partir de la base de données existante. Par exemple, le lit des paléochenaux de la rivière des Outaouais est souvent caractérisé par la présence d'une plaine argileuse. Cette plaine est limitée par des terrasses qui peuvent atteindre une dizaine de mètres de hauteur et au-delà desquelles il n'est pas rare de voir du till et même le socle. Les données préliminaires de terrain indiquaient donc que certains paléochenaux sont superposés à des vallées enfouies.

TECHNIQUES UTILISÉES

Une combinaison de levés géologiques et géophysiques a été utilisée. Lorsqu'elle est employée dans des conditions appropriées, la sismique réflexion à haute résolution est un outil très utile pour les études visant à définir l'architecture des formations quaternaires (Pullan et al., 1994; Pugin et al., 1999). Tous les aspects touchant les techniques de terrain et le traitement des données de sismique réflexion sont expliqués dans Benjumea et al. (2001). D'autres levés géophysiques ont été effectués, mais ils ne seront pas traités dans le présent article. Des forages ont été complétés, dont certains le long des profils sismiques. L'échantillonnage a été fait à l'aide de tubes de type Shelby®, de pistons et de cuillères à fente (diamètre NQ).

RÉSULTATS

La figure 3 présente les descriptions préliminaires des forages effectués dans les vallées enfouies de la région à l'étude.

Le forage 00_STB

Le forage 00_STB montre que le till régional n'est pas toujours massif et homogène. En fait, les structures internes du till sont très complexes. Le till semble être constitué de plusieurs lits diamictiques séparés par des interlits de sable et de gravier et des niveaux riches en blocs (pavage de blocs). Ce till contiendrait donc plusieurs éléments architecturaux

internes (Boyce et Eyles, 2000) susceptibles d'influer sur des paramètres comme la conductivité hydraulique. Des levés géophysiques (sismique réflexion et diagraphie) ont été effectués à cet endroit et devraient permettre, une fois complété le traitement des données, d'évaluer l'extension latérale de ces différents éléments. La base de la séquence argileuse présente un faciès légèrement diamictique d'origine glaciolacustre ou glaciomarine. Le reste de la séquence est constitué d'argiles de la Mer de Champlain.

Le forage 99_148

Le forage 99_148 traverse une épaisse séquence argileuse assez homogène, sauf à la base où il y a une alternance nette d'argile rouge et grise, puis une unité mince caractérisée par de nombreux blocs et galets (sans matrice). Il s'agit vraisemblablement d'une dalle d'érosion reposant en discordance sur le substratum rocheux, qui est constitué de grès quartzeux de la Formation de Cairnside (Groupe de Potsdam).

Le forage 99_RND

Le forage 99_RND est intéressant, car il présente sous les argiles marines une unité de sables et d'argiles interstratifiés de plus de 23 m d'épaisseur, laquelle semble avoir été mise en place dans un environnement proximal avec des courants de fond épisodiques. Comme pour le forage 99_148, le till est inexistant ou peu abondant à la base. Les sables et les silts supérieurs témoignent de l'exondation marine dans la région et les assemblages de faciès rencontrés dans la vallée de la rivière du Nord montrent la transition entre les environnements estuarien, fluviatile et, enfin, éolien (fig. 2).

Le forage 00_CHS

Le forage 00_CHS effectué en conjonction avec les travaux de sismique réflexion à haute résolution décrit par Benjumea et al. (2001), n'a malheureusement pu être complété jusqu'au socle. La base est constituée d'un dépôt très grossier contenant des petits blocs et des galets subanguleux et subarrondis de divers types pétrographiques. Étant donné son

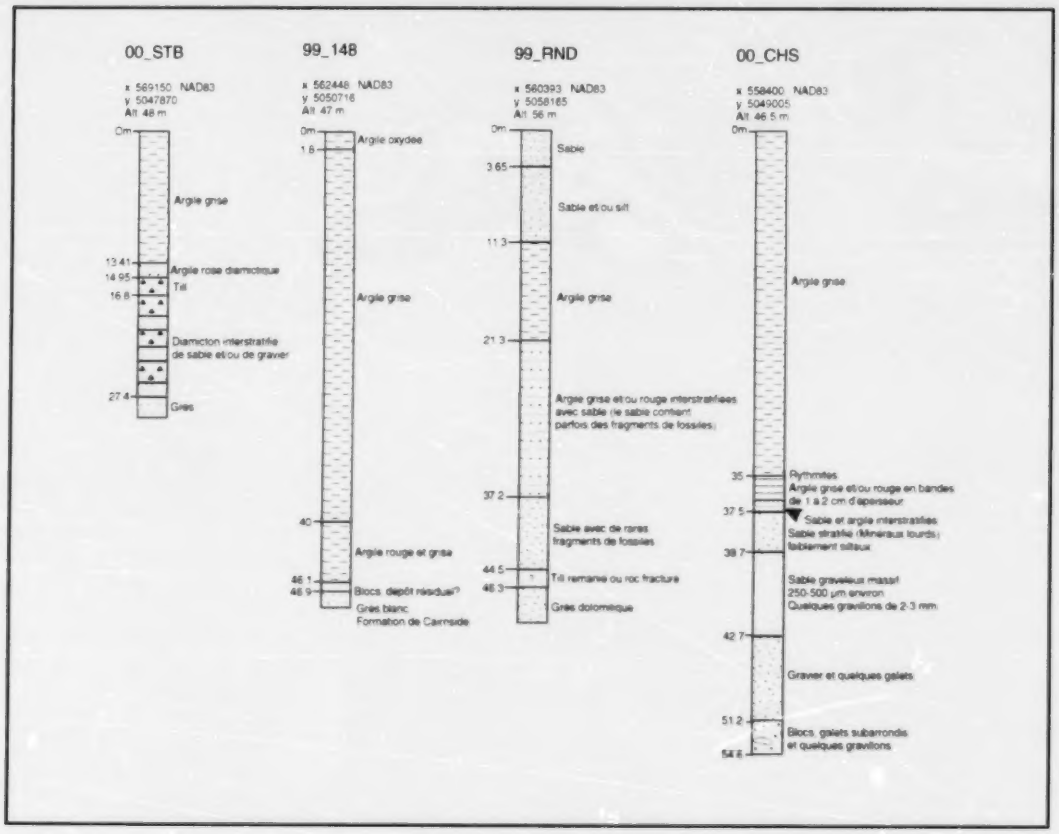

Figure 3. *Description des forages effectués dans les vallées enfouies (voir fig. 1).*

faciès lithologique et sa position stratigraphique, il s'agit probablement de sédiments mis en place dans un conduit sous-glaciaire ou à proximité de la marge glaciaire. Le niveau d'énergie aurait ensuite diminué pour permettre la mise en place d'un corps sablo-graveleux très immature sur le plan textural et pétrographique, mais évoluant verticalement vers un sédiment sableux stratifié (présence de niveaux riches en minéraux lourds). Cette séquence passe ensuite à une interstratification de sabl et d'argile, puis à des argiles marines. La nature lithologique et la forme bidimensionnelle du dépôt suggèrent la mise en place d'un petit cône d'épandage subaquatique (glaciolacustre?) à l'embouchure d'un tunnel sous-glaciaire (fig. 4). L'éloignement de la source avec le retrait de la marge glaciaire expliquerait la décroissance de la granulométrie vers le haut. Enfin, le sommet du forage correspond à une surface d'érosion créée par un protochenal de la rivière des Outaouais.

COUPE GÉOLOGIQUE : L'EXEMPLE DU CHEMIN DES SOURCES

Quelques profils sismiques ont été obtenus à la suite des travaux effectués à l'été 2000, dont un exemple apparaît dans Benjumea et al. (2001). La figure 4 présente l'interprétation géologique préliminaire de ce même profil. L'image d'ensemble est complexe. Elle montre plusieurs surfaces de discontinuité d'importance diverse, certaines étant marquées par des discordances angulaires très nettes. Plusieurs «faciès sismiques» suggèrent la présence de différents matériaux aux caractéristiques sédimentologiques distinctes. La surface de discontinuité la plus profonde représente la discordance majeure qui sépare le substratum rocheux (grès arkosique et conglomérat de la Formation de Covey Hill) des sédiments quaternaires, bien qu'à certains endroits il puisse s'agir de l'interface séparant la roche friable de la roche compacte (voir «Discussion»). La topographie de cette surface contraste avec celle de la plaine argileuse. Par exemple, une crête enfouie d'environ 36 m de hauteur et 180 m de largeur (position 500 m; fig. 4) n'a aucune expression topographique à la surface. D'après la légère courbure des réflecteurs qui passent au-dessus de la butte, il semble qu'après la sédimentation marine, le relief était tout au plus de 3 ou 4 m. Enfin, un paléochenal de la rivière des Outaouais a contribué à faire disparaître ce relief par érosion.

Les données du forage 00_CHS, les vérifications faites à l'aide d'une foreuse portative de type Pionjar (au-dessus de la butte), ainsi que l'analyse détaillée d'un forage effectué par la Commission géologique du Canada en 1971 (St-Onge, 1979) se sont avérées essentielles à l'interprétation du profil. En superposant le forage de 1971 au profil sismique, on remarque la concordance de la position des discontinuités et des changements de faciès (fig. 4). Ce forage a donc permis de consolider l'interprétation des faciès sismiques de la portion sud du profil. Ainsi, seule l'interprétation de l'extrémité nord du profil demeure très spéculative. Cette partie du profil devrait donc faire l'objet d'études additionnelles.

DISCUSSION

L'information recueillie montre que certaines vallées de direction nord-est–sud-ouest sont marquées par des pavages de blocs et de galets témoignant d'une érosion dans la plaine de till. En effet, le till régional semble être absent ou très mince à plusieurs endroits dans ces dépressions, qui ont de toute évidence influé sur un le drainage sous-glaciaire. D'ailleurs, les dépressions sont probablement d'origine polycyclique : 1) érosion fluviatile dans une (?) zone de faille au cours du Tertiaire; 2) surcreusement par érosion glaciaire; 3) érosion dans le till et le socle par les eaux de fonte sous-glaciaires canalisées (chenal de type Nye). Les vallées caractérisées jusqu'ici avaient donc été pratiquement évidées au moment du retrait glaciaire et ont constitué des dépressions favorables à la sédimentation (?)glaciolacustre, glaciomarine et marine. Les indices de la sédimentation par des courants de fond et des courants de turbidité suggèrent en effet la possibilité d'une extension plus grande du Lac glaciaire Candona que celle proposée par Parent et Occhietti (1988, 1999). Enfin, en se basant sur le forage 99_148 et en supposant une érosion par les paléochenaux d'environ 10 m, plus de 55 m d'argile se sont accumulés en près de 2000 ans à certains endroits de la région à l'étude.

En ce qui concerne l'interprétation du profil sismique, un certain nombre de faits ont été considérés, à savoir :

La dernière unité traversée par le forage 00_CHS est constituée de blocs et de galets jointifs à semi-jointifs dont plusieurs sont subarrondis et même arrondis. Il ne s'agit donc pas d'un till. Par contre, en terme de faciès sismique, il est problablement très difficile de différencier un diamicton glaciaire (till) d'un dépôt très grossier à stratification frustre (contact glaciaire ou glaciomarin proximal). Il y a donc une incertitude sur l'épaisseur respective de ces unités lorsqu'elles sont superposées.

Les foreurs de la région parlent souvent d'un roc «mou» rougeâtre autour des collines d'Oka et de Saint-André. Des remarques similaires apparaissent dans les descriptions des forages de la CGC effectuées autour de ces collines en 1971. Ces roches appartiennent à la Formation de Covey Hill constituée de grès et conglomérat parfois très peu consolidés (Salad Hersi et Lavoie, 2000). Clark (1972) avait d'ailleurs remarqué que les grès rouges et les conglomérats de la Formation de Covey Hill sont parfois peu cimentés et donc très friables. Ce phénomène peut avoir été accentué par la dissolution résultant de la circulation des eaux sous-glaciaires et souterraines. La roche semble donc être partiellement altérée dans ce secteur, permettant ainsi aux ondes acoustiques de pénétrer de quelques mètres.

Plusieurs puits présentent des conditions artésiennes depuis plusieurs décennies dans les zones correspondant aux vallées enfouies, dont un le long du profil (fig. 4). D'après le témoignage d'un résident local, ce puits a été creusé à la main il y a plusieurs décennies et ne traverse que l'argile, suggérant la présence d'un aquifère granulaire productif situé directement sous l'argile.

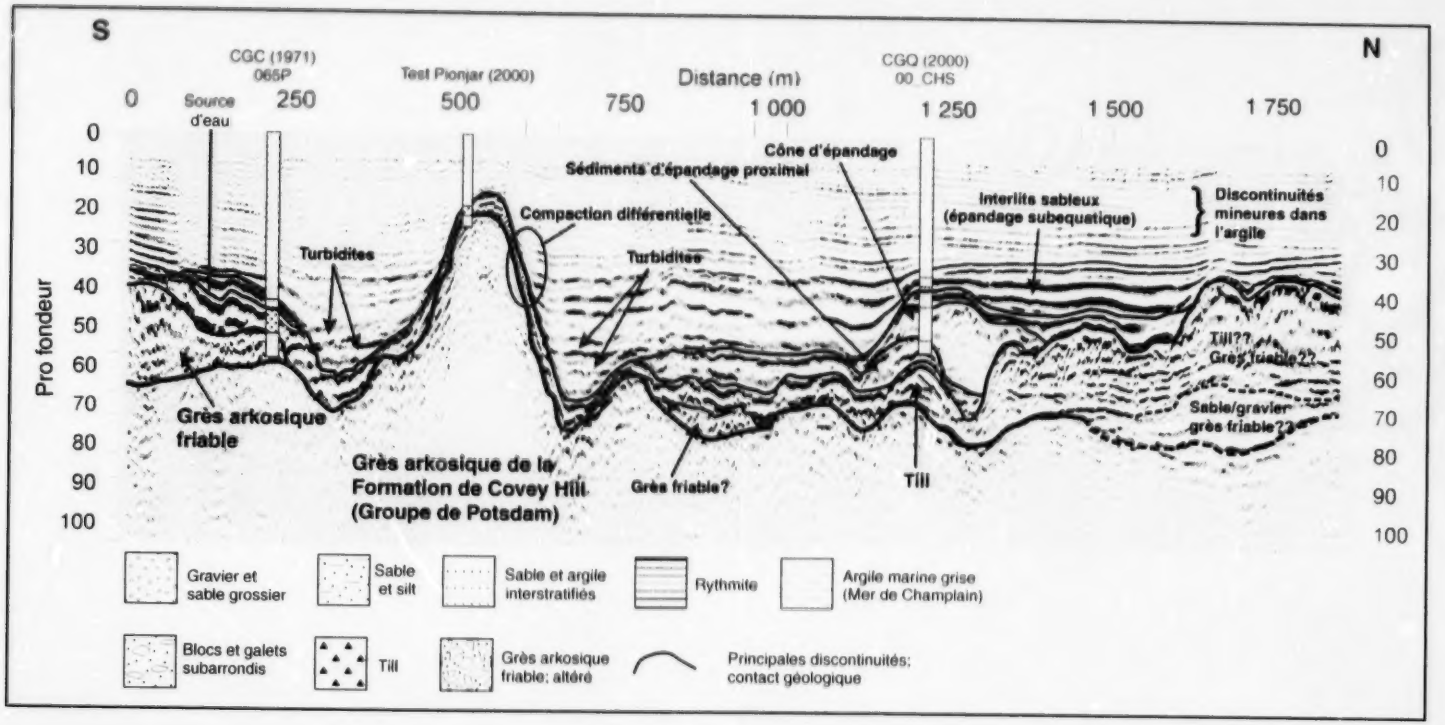

Figure 4. *Interprétation géologique d'un profil sismique à travers une vallée enfouie (chemin des Sources) sous l'argile de la Mer de Champlain (voir fig. 1 pour la localisation). Les sédiments d'épandage définissent une zone chenalisée proglaciaire ou sous-glaciaire de quelque 600 m de largeur (de 750 à 1 350 m) dans la vallée enfouie.*

Enfin, la base de données a permis d'identifier les dépressions du secteur et un forage effectué par la CGC en 1971 (St-Onge, 1979) a été fort utile dans l'interprétation d'une partie du profil sismique. Il a toutefois fallu recourir aux carnets de notes originaux, car la base de données ne comportait pas suffisamment de détails, d'où l'importance de mettre le maximum d'informations sous la forme de champs de commentaires et autres dans une base de données. Néanmoins, cet exemple démontre l'avantage de cibler les travaux de manière à obtenir une superposition partielle des données nouvelles et archivées. Cela permet d'unifier avec un meilleur contrôle l'information obtenue de différentes sources.

CONCLUSIONS

Les résultats et les interprétations apparaissant dans cet article font état de l'avancement d'une partie des travaux effectués dans le cadre d'un projet qui vise à reconstituer l'architecture des formations superficielles dans les basses Laurentides. Les efforts ont été concentrés sur les formations qui témoignent de la sédimentation ayant précédé ou immédiatement suivi l'incursion de la Mer de Champlain. Plusieurs analyses n'ont pas encore été complétées et, une fois terminées, elles permettront de raffiner l'interprétation des environnements sédimentaires, y compris l'éventuelle sédimentation glaciolacustre (Bolduc et Ross, 2000) au-delà des limites actuellement considérées pour le Lac glaciaire Candona. D'autres travaux seront effectués afin d'examiner la stratigraphie complexe de ces dépressions et la nature de l'altération qui semble caractériser le grès de la Formation de Covey Hill autour des collines d'Oka et de Saint-André d'Argenteuil.

REMERCIEMENTS

Le financement de ce projet est assuré par la Commission géologique du Canada, Développement économique Canada, le Conseil de développement des Laurentides, le ministère de l'Environnement du Québec, les MRC d'Argenteuil, de Mirabel, de Deux-Montagnes et de Thérèse-de Blainville et l'Association des professionnels de développement économique des Laurentides. Les auteurs aimeraient remercier M. Denis Saint-Onge pour avoir mis à notre disposition toutes les données des travaux effectués par la CGC dans le secteur à l'étude et Yves Michaud pour ses commentaires suivant la lecture du manuscrit. Les auteurs remercient également la population et les intervenants municipaux concernés pour leur collaboration et leur intérêt.

RÉFÉRENCES

Anderson, M.P.
1989 : Hydrogeologic facies models to delineate large-scale spatial trends in glacial and glaciofluvial sediments; Geological Society of America, Bulletin, v. 101, p. 501–511.

Barnett, P.J., Sharpe, D.R., Russell, H.A.J., Gorrell, G., Pullan, S.E., Brennand T.A., and Kenny, F.M.
1998 : On the origin of the Oak Ridges Moraine; Canadian Journal of Earth Sciences, v.35, p. 1152–1167.

Benjumea, B., Hunter, J.A., Good, R.L., Burns, R.A., and Ross, M.
2001 : Application of high-resolution seismicreflection techniques in Champlain Sea sediments near Lachute–Saint-Benoit, Quebec; Geological Survey of Canada, Current Research 2001-D6.

Boisvert, É. et Michaud, Y.
1998 : Gestion des données de forage à l'aide d'une approche topologique : application au projet de cartographie hydrogéologique du piémont laurentien, Québec; *in* Recherches en cours 1998-E; Commission géologique du Canada, p. 117–124.

Bolduc, A.M. et Ross, M.
2000 : La géologie et la géomorphologie quaternaire des basses Laurentides (ouest de Montréal); Livret-guide d'excursion, Congrès conjoint AQQUA-CGRG, Montréal (22–27 août).

Boyce, J.I. et Eyles, N.
2000 : Architectural element analysis applied to glacial deposits: Internal geometry of a late Pleistocene till sheet, Ontario, Canada; Geological Society of America, Bulletin, v. 112, no. 1, p. 98–118.

Clark, T.H.
1972 : Région de Montréal; ministère des Richesses naturelles, Direction générale des mines, Service de l'exploration géologique, Rapport géologique 152, 244 p.

Dawson, M.R. et Bryant, I.D.
1987 : Three-dimensional facies geometry in Pleistocene outwash sediments, Worcestershire, U.K.; *in* Recent Developments in Fluvial Sedimentology, (ed.) F.G. Etheridge, R.M. Flores, and M.D. Harvey; Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 39, p. 191–196.

Eyles, N. et Eyles, C.H.
1992 : Glacial depositional systems; *in* Facies Models: Response to Sea Level Change, (ed.) R.G. Walker and N.P. James; Geological Association of Canada, p. 73–100.

Fagnan, N., Michaud, Y., Lefebvre, R., Boisvert, É., Parent, M., Martel, R., Paradis, D. et Larose-Charette, D.
1998 : Cartographie hydrogéologique régionale du piémont laurentien dans la MRC de Portneuf : hydrostratigraphie et piézométrie des aquifères granulaires de surface; Commission géologique du Canada, Dossier public 3664-b.

Fagnan, N., Nastev, M., Lefebvre, R., Martel, R. et Savard, M.M.
2001 : Résultats initiaux d'une partie des travaux de caractérisation hydrogéologique des aquifères fracturés du sud-ouest du Québec; Commission géologique du Canada, Recherche en cours 2001-D7.

Fraser, G.S. and Bluer, N.K.
1987 : Use of facies models as predictive tools to locate and characterize aquifers in glacial terrains; *in* Proceedings, National Well Water Association Conference on Midwestern Ground Water Issues, p. 123–143.

Parent, M. and Occhietti, S.
1988 : Late Wisconsinan deglaciation and Champlain Sea invasion in the St. Lawrence valley, Québec; Géographie physique et Quaternaire, vol. 42, nº 3, p. 215–246
1999 : Late Wisconsinan deglaciation and glacial lake development in the Appalachian uplands and piedmont of southeastern Québec; Géographie physique et Quaternaire, vol. 53, nº 1, p. 117–135.

Parent, M., Michaud, Y., Boisvert, É., Bolduc, A.M., Fagnan, N., Fortier, R., Cloutier, M. et Doiron, A.
1998: Cartographie hydrogéologique régionale du piémont laurentien dans la MRC de Portneuf : géologie et stratigraphie des formations superficielles; Commission géologique du Canada, Dossier public 3664-a.

Pugin, A., Pullan, S.E., and Sharpe, D.R.
1999 : Seismic facies and regional architecture of the Oak Ridges Moraine area, southern Ontario; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 36, p. 409–432.

Pullan, S.E., Pugin, A., Dyke, L.D., Hunter, J.A., Pilon, J.A., Todd, B.J., Allen, V.S. et Barnett, P.J.
1994 : Shallow geophysics in a hydrogeological investigation of the Oak Ridges Moraine, Ontario; *in* Proceedings, (ed.) R.S. Bell et C.M. Lepper; Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems, Boston, Massachusetts, v. 1, p. 143–161.

Ricketts, B.D. (ed.).
2000 : Mapping, geophysics, and groundwater modelling in aquifer delineation. Fraser Lowland and Delta, British Columbia: Geological Survey of Canada, Bulletin 552, 131 p.

Russell, H.A.J., Brennand, T.A., Logan, C., and Sharpe, D.R.
1998: Standardization and assesment of geological descriptions from water well records, Greater Toronto and Oak Ridge Moraine areas, southern Ontario; *in* Current Research 1998-E; Geological Survey of Canada, p. 89–102

Salad Hersi, O. and Lavoie, D.
2000 : The Postdam and Beekmantown Groups: evolution of the shallow marine passive margin in southern Quebec; *in* The St. Lawrence Platform, Humber Zone and Quaternary Successions Along Transect #1, Montréal Appalachians, (ed.) D. Lavoie; NATMAP 2000 Field Guide, Centre géoscientifique de Québec.

Savard, M.M., Nastev, M., Levebvre, R., Martel, R., Fagnan, N., Bourque, E., Cloutier, V., Lauzière, K., Gélinas, P., Kirkwood, D., Lapcevic, P., Karanta, G., Hamel, A., Bolduc, A., Ross, M., Parent, M., Lemieux, J.-M., Boisvert, É., Salad Hersi, O., Lavoie, D., Girard, F., Novakowski, K., Therrien, R., Étienne, M., and Fortier, R.
2000 : Regional hydrogeology of fractured rock aquifers in southwestern Quebec (St. Lawrence Lowlands); 53e Conférence canadienne de géotechnique, 15-18 octobre 2000, Montréal, Comptes rendus, 1ère Conférence conjointe AIH-CNC et SCG sur l'eau souterraine, p. 247–253.

Sharpe, D.R., Barnett, P.J., Dyke, L.D., Howard, K.W.F., Hunter, G.T., Gerber, R.E., Paterson, J., and Pullen, S.E.
1996 : Groundwater prospects in the Oak Ridges Moraine area, southern Ontario: application of regional geological models; *in* Current Research 1996-E; Geological Survey of Canada, p. 181–190.

Stephenson, D.A., Fleming, A.H. et Mickelson, D.M.
1989 : Glacial deposits; *in* Hydrogeology, (ed.) W. Back, J.S. Rosenheim, and P.R. Seaber; : Geological Society of America, Geology of North America, v. O-2, p. 301–314.

St-Onge, D.A.
1979 : Forages au roc, région nord de Montréal; Département de géographie, Université d'Ottawa, Note de recherche nº 22

Projets 980011 et 960024 de la Commission géologique du Canada